

УДК 621.9 – 621.98

А.А.ДУДНИКОВ, канд.техн.наук, проф., Полтавская государственная аграрная академия

А.И.БЕЛОВОД, канд. техн. наук, доц., Полтавская государственная аграрная академия

В.В. ДУДНИК, асс., асп., Полтавская государственная аграрная академия

А.В. КАНИВЕЦ, асс., асп., Полтавская государственная аграрная академия

А.А.КЕЛЕМЕШ, маг., Полтавская государственная аграрная академия

ВИБРАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Показаны аспекты проблемы вибрационной технологии; общие закономерности, технологические аспекты, практическое применение. Дано обобщение подхода к сущности процесса вибрационных колебаний.

Ключевые слова: долговечность, поверхностное пластическое деформирование, кристаллическая решетка, упрочняющая обработка.

Показані аспекти проблеми вібраційної технології; загальні закономірності, технологічні аспекти, практичне застосування. Дано узагальнення підходу до суті процесу вібраційних коливань.

Ключові слова: довговічність, поверхнева пластична деформація, кристалічна решітка, зміцнююча обробка.

The aspects of problem of oscillation technology are shown; general conformities to law, technological aspects, practical application. Generalization of going near essence of process of oscillation vibrations is Given.

Keywords: longevity, superficial flowage, crystalline grate, consolidating treatment.

Введение

К числу важнейших задач при изготовлении и восстановлении машин относятся проблемы повышения их качества, надёжности и долговечности.

В условиях больших скоростей и нагрузок контактирующих поверхностей возрастают требования к износостойкости, сопротивлению ударным нагрузкам и усталостной прочности деталей, что, в большинстве случаев, обеспечивается приданием их поверхностному слою необходимых физико-механических свойств.

В связи с неравномерным распределением напряжений по сечению деталей, а также в виду ослабления наружного слоя металла из-за большого количества различных дефектов механического происхождения, усталостное разрушение работающих деталей, в большинстве случаев, начинается с поверхностного слоя.

Постановка проблемы

С целью увеличения надёжности и долговечности деталей машин необходимы дальнейшие комплексные исследования теоретического и прикладного характера. Необходимо решение таких аспектов проблемы, как

механика взаимодействия обрабатывающего инструмента с поверхностью обрабатываемых деталей; влияние параметров вибрационных колебаний на состояние обрабатываемого материала; конструктивного исполнения вибрационных установок; влияние условий вибрационной упрочняющей обработки на качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей различного назначения; разработка новых технологических схем; исследование технологических возможностей и изыскание новых областей технологического применения колебаний.

Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме

Работами ряда учёных [1...4] доказана сложность общей физической природы процессов вибрационной технологии в виду таких явлений, как удар, кавитация, абразивное изнашивание, многоконтактное взаимодействие обрабатываемых предметов, взаимодействие ударных волн с материалом и др.

В машиностроении используется более тридцати [2] методов поверхностного пластического деформирования. Однако, универсального, пригодного для большого ассортимента изготавливаемых деталей, особенно работающих в тяжелых эксплуатационных условиях, не существует. В связи с этим для конкретных деталей подбирают тот или иной технологический процесс в наибольшей мере удовлетворяющий требованию повышения их эксплуатационных характеристик с учетом экономической целесообразности.

Проводятся исследования по созданию новых методов поверхностного пластического деформирования, обеспечивающих в сравнении с существующими большую эффективность упрочняющей обработки. Так, появившиеся в последнее время ультразвуковое и лазерное упрочнение [5] обеспечивают высокую степень упрочнения материала поверхностного слоя обрабатываемых деталей. Однако сложность и дороговизна применяемого оборудования, высокая энергоёмкость процесса упрочнения препятствует широкому их использованию, поскольку существенно сказываются на себестоимости обрабатываемых деталей.

Следует отметить, что далеко не изучены эффективные методы динамического упрочнения. Вибрационные технологии существенно отличаются от традиционных методов обработки. Нетрадиционный подход позволяет создавать новые технологические процессы, способствующие разработке экологически чистых ресурсосберегающих технологий, характеризующиеся более высокой интенсивностью и производительностью.

Для обоснования оптимальных параметров вибрационного упрочнения различных деталей машин необходимо проведение исследований в развитии упомянутой проблемы.

Целью исследования является раскрытие особенностей вибрационной упрочняющей обработки деталей, изучение влияния технологических параметров вибрационного деформирования на качественные показатели обработки поверхностного слоя изготавливаемых и восстанавливаемых деталей.

Результаты исследований

Долговечность деталей определяется не только рациональной их конструкцией и качеством их материала, но и в значительной степени зависит от технологических процессов, определяющих собой качество поверхностного слоя

деталей. Дефекты поверхности служат очагами зарождения усталостной трещины и определяют преждевременное разрушение детали. Стремление повысить долговечность деталей путем снижения шероховатости их поверхности, которое обычно достигается шлифованием или полированием, не дает желаемого результата, поскольку возникающие при этом в поверхностном слое материала остаточные напряжения растяжения, величина которых может достигать весьма существенных значений, не препятствуют росту усталостных трещин. Установлено, что повышению усталостной прочности деталей способствует наличие в поверхностном слое их материала остаточных напряжений сжатия [6]. В связи с этим, одной из главных задач при решении вопроса повышения надежности и долговечности деталей сельскохозяйственных машин следует считать выбор таких операций и режимов обработки, которые обеспечивали бы в поверхностном слое материала деталей наличие сжимающих остаточных напряжений.

Одним из основных путей решения данной задачи является вибрационное упрочнение поверхностного слоя изготавливаемой (восстанавливаемой) детали. Использование поверхностного пластического деформирования является высокоэффективным средством уменьшения шероховатости поверхности, образования в поверхностном слое деталей остаточных напряжений сжатия, повышения поверхностной твердости и износостойкости, что в совокупности приводит к значительному повышению ресурса и надежности машин.

При упрочнении деталей вибрационным деформированием пластическая деформация поверхностного слоя их материала, возникающая под действием усилий от обрабатывающего инструмента, изменяет его физико-механические свойства. Степень деформации и ее последствия зависят от характера ее протекания, а также от ее режимов, первоначального состояния материала, его микроструктуры, шероховатости, формы, геометрических размеров и других факторов.

Явление деформационного упрочнения может быть объяснено на основе теории дислокаций, основывающейся на общих предположениях о вкладе неподвижных и свободных дислокаций в формирование внутренних напряжений. Упрочнение материала связано с образованием барьеров для движущихся дислокаций между собой и другими дефектами кристаллической решетки. По мнению академика Т.С. Скобло увеличение степени деформации обрабатываемого материала вызывает уменьшение пути пробега дислокаций и, следовательно, увеличение их плотности и взаимодействия. Сплетения дислокаций (клубки) создают препятствия продвижению остальных дислокаций, что приводит к упрочнению и формированию полос скольжения.

При вибрационной обработке периодически происходит отрыв поверхности рабочей части инструмента от обрабатываемой поверхности детали. При этом происходит микропроцесс разгрузки контактируемых поверхностей инструмента и детали.

При вибрационном деформировании в момент отрыва инструмента от обрабатываемой поверхности траектории максимальных касательных напряжений будут располагаться к обрабатываемой поверхности под углом,

изменяющимся от 45° до 90°. Следовательно, при вибрационном деформировании усилие и величина деформации в радиальном направлении обрабатываемой детали будут иметь большее значение по сравнению с обычной обработкой. Это вызывает и большее упрочнение обрабатываемой поверхности.

Исследованиями установлено влияние вида обработки на характер напряженного состояния. Величина удельного давления на обрабатываемую поверхность в 2,5 раза меньше при вибрационном упрочнении по сравнению с традиционной обработкой поверхностным пластическим деформированием.

Теоретически установлено, что при вибрационной обработке коэффициент трения между обрабатываемой поверхностью и обрабатывающим инструментом в 2,37 раза меньше.

Расчетные значения степени уплотнения приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения степени уплотнения

Материал	Степень	
	при обычном деформировании	при вибрационном деформировании
Сталь 65Г	0,042	0,059
Сталь 45, сормайт	0,035	0,048
Сталь 65Г, сормайт	0,028	0,039

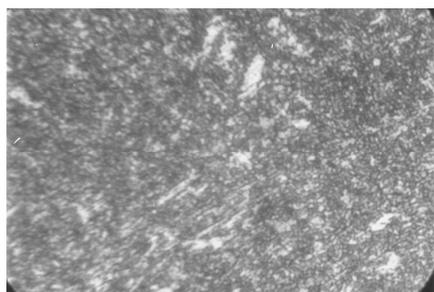


Рис. 1. Микроструктура стали 45 после вибрационного деформирования, × 200

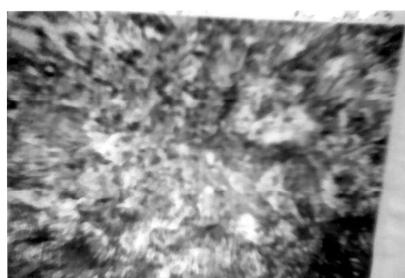


Рис. 2. Микроструктура материала образцов без обработки, × 200

Проведенными исследованиями установлено, что образцы имеют ферритно-перлитную основу. У поверхности перлит более плотный. Замеры микротвердости производились вблизи шлифованной поверхности на расстоянии 5 мкм и в сердцевине основного металла (табл. 2).

Таблица 2. Значения микротвердости

Н-50 в сердцевине	Н-50, на глубине 5 мкм			
	до обработки	после 20 с	после 40 с	после 60 с
320	360	390	420	435

Результаты исследований показывают, что после вибрационной обработки микротвердость поверхностных слоев по сравнению с исходной повышена на 12...35 %.

Глубина деформированного слоя образцов из стали 65Г, подвергнутых вибрационному деформированию в 1,85 раза меньше, чем у образцов из стали 65Г с приваркой шин из стали 45 с наплавкой сормайтом.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Повышение надежности и долговечности деталей сельскохозяйственных машин может быть достигнуто применением пластического поверхностного деформирования с использованием вибрационных колебаний обрабатываемого инструмента.

2. Упрочнение материала обрабатываемых деталей связано с образованием барьеров для движущихся дислокаций между собой и другими дефектами кристаллической решетки.

3. При вибрационной обработке степень упрочнения в 1,37 раза больше, чем при обычной обработке, что способствует повышению износостойкости восстановленных деталей методом вибрационного упрочнения.

Список литературы: 1. *Бабичев А.П.* Основы вибрационной технологии [Текст] / А.П. Бабичев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. – 191с. 2. *Бабичев А.П.* Основы вибрационной технологии [Текст] / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694с. 3. *Берник П.С.* Тенденції роз витку конструктивних схем машин для обробки деталей у вільно-гранульованому середовищі [Текст] / П.С. Берник. – Машинознавство. 1998. – №3. – С. 37-38. 4. *Каледін Б.А.* Повышение долговечности деталей поверхностным деформированием [Текст] / Б.А. Каледін, П.А. Чепя. – Минск: Наука и техника, 1974. – 230 с. 5. *Микотин В.Я.* Технология ремонта сельскохозяйственных машин [Текст] / В.Я. Микотин. – М.: Агропромиздат, 2000. – 368 с. 6. *Карпенко Г.В.* Упрочнение стали механической обработкой [Текст] / Г.В. Карпенко, Ю.Н. Бабей. – К.: Накова думка, 1996. – 340 с.

Поступила в редколлегию 27.05.2011

УДК 621.165

Ю.А.БЫКОВ, канд. техн. наук, Институт проблем машиностроения им А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков

В.И.ГНЕСИН, докт.техн.наук, проф., зав.отд., Институт проблем машиностроения им А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОУПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ЛОПАТОК ТУРБОМАШИН

Представлены математическая модель и численный метод моделирования термоупругих колебаний лопаток турбомашин. Приведены результаты моделирования термоупругих колебаний лопатки газовой турбины с охлаждением.

Ключевые слова: численные методы в теории упругости, динамика лопаток турбомашин, термоупругость.

Представлено математичну модель и чисельний метод моделювання термопружних коливань лопаток турбомашин. Наведено результати моделювання термопружних коливань лопатки газової турбіни з охолодженням.

Ключові слова: чисельні методи в теорії пружності, динаміка лопаток турбомашин, термопружність.

In the paper mathematic model and numerical method of simulation of thermoelastic vibrations of turbomachine blades is presented. The results of the simulation of thermoelastic vibrations of turbine cooled blade are demonstrated.

Key words: numerical methods in elasticity theory, turbomachine blade dynamics, thermoelasticity.